

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 37 16275 A1**

⑤① Int. Cl. 4:  
**A62D 3/00**  
B 09 B 5/00  
F 23 G 7/14

②① Aktenzeichen: P 37 16 275.6  
②② Anmeldetag: 15. 5. 87  
④③ Offenlegungstag: 24. 11. 88

Behördeneigenthum

DE 37 16275 A1

⑦① Anmelder:

Westfälische Berggewerkschaftskasse, 4630  
Bochum, DE

⑦④ Vertreter:

Betzler, E., Dipl.-Phys., 8000 München;  
Herrmann-Trentepohl, W., Dipl.-Ing., 4690 Herne;  
Bockhorni, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000  
München

⑦② Erfinder:

Falkenhain, Gerd, Prof. Dr.-Ing., 4630 Bochum, DE

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur thermischen Reinigung kontaminierter Böden

Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur thermischen Reinigung kontaminierter Böden, bei dem das kontaminierte Material auf Temperaturen aufgeheizt wird, welche die Kontaminationen durch thermische Spaltungsreaktion in ihre flüchtigen Bestandteile überführen, die verbrannt werden, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die thermische Reinigung in dem an seinem Ort belassenen Boden durchgeführt und die Aufheizung in Bodenöffnungen durch im Öffnungsquerschnitt freigesetzte Wärme vorgenommen wird, mit der die flüchtigen Bestandteile aus dem umgebenden Boden in die jeweilige Öffnung überführt, in dieser verbrannt und danach abgeführt werden.

DE 37 16275 A1

1. Verfahren zur thermischen Reinigung kontaminierter Böden, bei dem das kontaminierte Material auf Temperaturen aufgeheizt wird, welche die Kontaminationen durch thermische Spaltungsreaktion in ihre flüchtigen Bestandteile überführen, die verbrannt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die thermische Reinigung in dem an seinem Ort belassenen Boden durchgeführt und die Aufheizung in Bodenöffnungen durch im Öffnungsquerschnitt freigesetzte Wärme vorgenommen wird, mit der die flüchtigen Bestandteile aus dem umgebenden Boden in die jeweilige Öffnung überführt, in dieser verbrannt und danach abgeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bodenöffnungen durch Bohren in Abständen nach Maßgabe des Gasdruckes der zu verbrennenden flüchtigen Bestandteile hergestellt werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Aufheizung in mehreren Bodenöffnungen gleichzeitig vorgenommen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Aufheizung des umgebenden Bodens unter einem Ausbau der Bodenöffnung mit offener Flamme, die gegen den Stoß der Bodenöffnung abgedeckt ist, durch Wärmestrahlung erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bodenöffnung unter Unterdruck gesetzt und die verbrannten flüchtigen Bestandteile zusammen mit den Rauchgasen der Wärmeerzeugung abgeführt werden.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet** durch ein Strahlrohr (9) mit axialer Zuführung eines Brenngases, sowie der Verbrennungsluft und axiale Abführung des Rauchgases, sowie der verbrannten flüchtigen Bestandteile der Kontaminationen in einem Kopfstück (11), welches zur Halterung eines äußeren, zur Gasabführung dienenden Strahlrohres (12), eines konzentrisch inneren, die Verbrennungsgase führenden Verbrennungsrohres (14) und einer zu Zufuhr des Heizgases vorgesehenen Brenngaslanze (15), die konzentrisch im Verbrennungsrohr (14) angeordnet ist, dient, wobei im Strahlrohr (12) Öffnungen zur Einführung der verbrannten, flüchtigen Bestandteile der Kontaminationen und zu deren Abführung durch ein Saugzuggebläse zusammen mit den Rauchgasen vorgesehen sind.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Reinigung kontaminierter Böden gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf Böden, welche mindestens durch aromatische, aber auch durch aliphatische Kohlenwasserstoffe, gegebenenfalls auch durch polyzyklische Kohlenwasserstoffe und Zyanide, gegebenenfalls durch sämtliche dieser Stoffe oder Stoffgruppen gleichzeitig kontaminiert sind. Solche Böden werden als sogenannte Altlasten vor allem auf ehemaligen Standorten von Kokereien, aber auch auf Deponien angetroffen, welche der Bergbau in Anspruch genom-

men hat, kommen aber auch auf Mülldeponien vor. Die thermische Reinigung derart kontaminierter Böden bezweckt das Ausbrennen der Kontaminationen, wobei die organischen Bestandteile im wesentlichen zu Kohlendioxyd und Wasser aufoxydiert werden. Je nach den aufgewandten Prozeßtemperaturen werden jedoch auch neue Schadstoffverbindungen, beispielsweise hochchlorierte Kohlenwasserstoffe, besonders Furane und Dioxine gebildet, die eine besondere Abgaswäsche erfordern.

Die Erfindung unterscheidet sich dadurch von anderen thermischen Verfahren, bei denen u.a. Dampf als Medium für die Aufheizung und danach als Transportmittel für gasförmige Verunreinigungen verwendet wird, in vorteilhafter Weise, weil derartige Verfahren energieaufwendiger sind. Die Erfindung unterscheidet sich auch von den Extraktionsverfahren, bei denen Chemikalien in wässriger Lösung zum Abtreiben der Kontaminationen eingesetzt werden, durch die Umgehung der damit verbundenen Schwierigkeiten, die hauptsächlich in der Trennung der flüssigen Phase von dem gereinigten Material und dem Einsatz erheblicher Mengen teurer Chemikalien bestehen.

Die Erfindung geht von einem vorbekannten thermischen Verfahren aus. Hierbei wird in einer in Containerbauweise ausgeführten und daher mobilen Anlage das kontaminierte Material nach dem sogenannten on-site Verfahren ausgegraben und nach Herunterbrechen auf ein einheitliches oberes Grenzkorn, sowie Absiebung einer Drehrohrofenanlage aufgegeben. In dieser werden bei Temperaturen von über 1200 Grad C und Aufenthaltszeiten von 30 min alle organischen Kontaminationen verbrannt. In einer Kühltrommel oder auf einem Austragsband wird das gereinigte Material abgekühlt. Eine mehrstufige Abgasreinigungsanlage dient zur Behandlung der Abluft, bevor diese unbedenklich in die Atmosphäre entlassen werden kann.

Das vorbekannte Verfahren erfordert mithin eine ungewöhnlich aufwendige Anlage, welche bedarfsweise auf- und abgebaut werden muß. Es verlangt außerdem die Bewegung großer Massen beim Ausheben des Bodens mit der Gefahr, daß hierbei leicht flüchtige Kontaminationen freigesetzt werden und in die Atmosphäre unbeabsichtigt entweichen. Auch sind die zu bewegenden Massen erheblich, die im Anschluß an die Reinigung auf eine Deponie verbracht oder an die Ausgrabungsstelle zurückverbracht werden müssen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs als bekannt vorausgesetzte Verfahren so zu führen, daß der für seine Durchführung erforderliche Aufwand herabgesetzt werden kann.

Diese Aufgabe löst die Erfindung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Zweckmäßige Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Gemäß der Erfindung werden durch die in einer von dem kontaminierten Material umgebenen Bodenöffnung freigesetzte Wärme die Kontaminationen zunächst in die Gasphase übergeführt, deren Gasdruck bei weiterer Erwärmung so weit ansteigt, daß die flüchtigen Bestandteile schließlich in die Bodenöffnung übertreten. In dieser geraten sie in den Bereich der Brenngase, die mit erheblichem Luftüberschuß verbrannt werden, so daß die flüchtigen Bestandteile aufoxydiert werden. Deswegen verlassen die Bodenöffnungen nur unschädliche Verbindungen, soweit nicht die eingangs beschriebenen Schadstoffe bei der Verbrennung entstehen, welche aber durch eine nachgeschaltete Rauchgasreinigung

beseitigt werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren setzt außer der meistens erforderlichen Herstellung von Bodenöffnungen keine Bodenbewegungen voraus und ist deshalb nicht mit diesem Aufwand belastet. Es kann daher auch nicht zur Freisetzung leicht flüchtiger Bestandteile kommen, was beim Abgraben des Bodens häufig unvermeidlich ist. Da außerdem die Bodenpartikel in ihrem Verband verbleiben, braucht man regelmäßig auch keine Entstaubungsanlage, was den apparativen Aufwand weiter senkt. Im Prinzip ist lediglich die Bereitstellung des erforderlichen Brenngases und der Verbrennungsluft erforderlich, was mit Hilfe vorhandener, als Energiequelle für im Bauwesen verwendete Druckluftwerkzeuge benutzten Luftkompressoren und von Flüssiggasbehältern gewährleistet werden kann.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich die erforderlichen Temperaturen und Aufenthaltszeiten für die Beseitigung organischer Kontaminationen bis hin zu den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen und den Zyaniden erreichen. Eine besondere Abkühlung des gereinigten Materials ist nicht erforderlich, weil es im Bodenverband verbleibt.

Vorzugsweise und mit den Merkmalen des Patentanspruches 2 stellt man die erforderlichen Bodenöffnungen künstlich her, wobei man nach Maßgabe der adsorptiven und desorptiven Wechselwirkung zwischen Schadstoffen und Boden die Abstände der Bohrungen voneinander wählt. Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens hat auch den Vorteil, daß mit den Bohrungen Deckschichten leicht durchteuft werden können, die anderenfalls abgeräumt werden müßten, bevor der Boden ausgehoben wird.

Mit den Merkmalen des Patentanspruches 3 kann man die Aufheizung mehrerer Bodenöffnungen so miteinander kombinieren, daß in den dazwischenliegenden kontaminierten Bodensegmenten eine Aufheizung von mehreren Seiten erfolgt, was einen auf eine oder mehrere Bodenöffnungen gerichteten Gasdruck ermöglicht, so daß die flüchtigen Bestandteile in bestimmten Bodenöffnungen austreten und dort verbrannt werden.

Sofern der kontaminierte Boden schwer zugänglich ist, empfiehlt sich die Ausführungsform nach dem Patentanspruch 4. Hierbei erfolgt die Aufheizung unterhalb einer Verrohrung, die das Einstürzen der Bodenöffnung verhindert. Dabei kann die Verrohrung dem absatzweise z.B. von unten nach oben oder auch umgekehrt aufgeheizten Boden folgen, wodurch Störungen durch nicht standfeste Bodenformationen vermieden werden.

Im folgenden wird eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Zeichnung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt schematisch, d.h. unter Fortlassung aller für das Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Einzelheiten teilweise im Schnitt die erfindungsgemäße Vorrichtung an Ort und Stelle.

Unterhalb der Erdoberfläche (1) befindet sich eine Deckschicht (2), unter der eine kontaminierte Bodenschicht (3) verborgen ist. Ein im oberen Teil bei (4) verrohrtes Bohrloch (5) ist senkrecht in den Boden gestoßen und hat die Schichten (2 und 3) durchteuft. Die Verrohrung (4) reicht bis zur Grenzfläche (6) der kontaminierten Bodenschicht (3) und der Deckschicht (2).

An einem Bockgerüst (7) ist über ein Seil (8) ein Wärmestrahrohr (9) aufgehängt, das in den unverrohrten Teil (10) des Bohrloches eingelassen ist. Das Wärmestrahrohr hat einen Kopf (11), welcher zur Halterung

eines konzentrisch äußeren Stahlrohres (12), eines konzentrisch inneren Verbrennungsrohres (14) und einer Brenngaslanze (15) dient. Diese ist konzentrisch im Verbrennungsrohr (14) angeordnet.

Der Kopf weist eine axiale Zuführung über einen Rohrstutzen (16) für die mit einem nicht dargestellten Schlauch aus einem Kompressor (17) zugeführte Verbrennungsluft auf. Die Verbrennungsluft wird ferner gemäß dem Pfeil (18) radial dem Kopf (11) zugeführt. Die Verbrennungsluft wird durch Rekuperatoren (19) aufgeheizt und einem Brennerkopf (20) zugeführt. Eine Zündkerze (21) dient zur Zündung des Brenngases, welches gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel ebenfalls radial bei (22) zugeführt wird und durch die Brenngaslanze bis zum Brennerkopf (20) strömt. Das Brenngas wird aus einem Flüssiggastank (23) über einen ebenfalls nicht dargestellten Schlauch zugeführt.

Nach Zündung der Brenngase entsteht in dem konzentrisch inneren Verbrennungsrohr (14) eine Flamme, welche am unteren Ende (24) des Verbrennungsrohres (14) austritt und in das Strahlrohr (12) umgelenkt wird. Dadurch wird das Strahlrohr (12) aufgeheizt. Die Wärmestrahlung erhitzt die nicht ausgebauten Bohrlochstöbe (25). Diese Aufheizung überführt die Kontaminationen in der Bodenschicht (3) in eine gasförmige Phase, die bei steigendem Druck aus den Bohrlochstöben austritt. Durch die Hitze und die im Überschuß zugeführte Verbrennungsluft erfolgt die Oxidation der flüchtigen Bestandteile in der eingangs beschriebenen Weise. Rauchgase werden bei (26) abgeführt und zusammen mit etwa entstandenen Schadstoffen über eine nicht dargestellte Schlauchleitung einer Abgasreinigungsanlage (27) zugeführt.

Im Gegensatz zum dargestellten Ausführungsbeispiel kann der Kopf (11) so ausgebildet sein, daß sämtliche Zufuhr- und Abfuhrwege axial angeordnet sind. Dann läßt sich das Wärmestrahrohr besser durch eine verziehbare Verrohrung bewegen, wobei der Außendurchmesser nur wenig kleiner als der Innendurchmesser der Verrohrung zu sein braucht. Am Fuß des Wärmestrahrohres (12) bringt man in diesem zweckmäßig Durchtrittsmöglichkeiten für Gase und Dämpfe z.B. in Form von Schlitzfenstern an.

Bei der Erwärmung des Erdreiches werden zunächst destillierbare Stoffe freigesetzt, wie z.B. Benzol, Toluol und Xylole (BTX), die in die Luft entweichen können. Die beschriebenen Durchtrittsmöglichkeiten für Gase und Dämpfe sorgen dafür, daß diese in die Flamme innerhalb des Rohres gelangen und dort zu unschädlichen Verbrennungsprodukten verbrennen. Hierfür ist ein Saugzuggebläse vorgesehen, das nicht dargestellt ist, mit dem aber die Rauchgase und die unschädlichen Verbrennungsprodukte abgezogen werden. Dadurch steht die Bohrung unter dem erforderlichen Unterdruck, so daß die Gase und Dämpfe abgesaugt werden.

3716275

